

O P E Docket No. 202652US2/sbj

MAY 02 2001

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Kouji YOSHIDA

GAU: 2812

PATENT & TRADEMARK OFFICE

Application No: 09/772,876

EXAMINER:

FILED: January 31, 2001

FOR: POSITION DETECTING METHOD, POSITION DETECTING APPARATUS, EXPOSURE METHOD, EXPOSURE APPARATUS AND MAKING METHOD THEREOF, COMPUTER READABLE RECORDING MEDIUM, AND DEVICE MANUFACTURING METHOD

REQUEST FOR PRIORITY

ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS  
WASHINGTON, D.C. 20231

SIR:

- Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number [US App No], filed [US App Dt], is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- Full benefit of the filing date of U.S. Provisional Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e).
- Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
JAPAN	2000-023437	February 1, 2000

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- are submitted herewith
- will be submitted prior to payment of the Final Fee
- were filed in prior application Serial No. filed
- were submitted to the International Bureau in PCT Application Number .  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and  
(B) Application Serial No.(s)
  - are submitted herewith
  - will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

  
Marvin J. Spivak

Registration No. 24,913

**Joseph A. Scafetta, Jr.**  
**Registration No. 26,803**



**22850**

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSMMN 10/98)

#2812  
RECEIVED  
MAY 9 - 2001  
Technology Center 2600

RECEIVED  
MAY 4 2001  
Tc 2600 MAIL ROOM

09/772,876



日本国特許庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出願年月日  
Date of Application:

2000年 2月 1日

出願番号  
Application Number:

特願2000-023437

出願人  
Applicant(s):

株式会社ニコン

RECEIVED  
MAY -4 2001  
TC 2800 MAIL ROOM

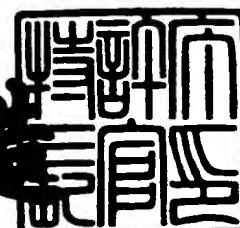
RECEIVED  
MAY 9 2001  
Technology Center 2600

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2001年 1月 19日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕三



【書類名】 特許願

【整理番号】 99-00446

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/027

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社 ニコ  
ン内

【氏名】 吉田 幸司

【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【氏名又は名称】 株式会社 ニコン

【代理人】

【識別番号】 100102901

【弁理士】

【氏名又は名称】 立石 篤司

【電話番号】 042-739-6625

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 053132

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9408046

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 位置検出方法、位置検出装置、露光方法、及び露光装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体に形成されたマークの位置を検出する位置検出方法であつて、

前記マークを、互いに異なる複数のデフォーカス状態を含む撮像条件で撮像する第1工程と；

前記撮像条件における撮像結果から、撮像された前記マークの像とデフォーカス量との関係を求め、該関係に基づいて前記マークの位置を検出する第2工程とを含む位置検出方法。

【請求項2】 前記第1工程では、前記マークの像が結像される結像面に対して傾斜した面を撮像面として、前記マークを撮像することを特徴とする請求項1に記載の位置検出方法。

【請求項3】 前記第2工程は、

前記複数のデフォーカス状態における撮像結果からフォーカス状態における前記マークの特徴点の位置を推定する第3工程と；

該推定結果に基づいて前記マークの位置を検出する第4工程とを含むことを特徴とする請求項1に記載の位置検出方法。

【請求項4】 前記第2工程では、前記フォーカス状態における前記マークの特徴点の位置の推定が、前記複数のデフォーカス状態における撮像結果それぞれにおけるコントラストを考慮して行われることを特徴とする請求項3に記載の位置検出方法。

【請求項5】 前記撮像条件は、フォーカス状態を更に含み、

前記第2工程は、

前記複数のデフォーカス状態における撮像結果から前記フォーカス状態における前記マークの特徴点の位置を推定する第3工程と；

前記フォーカス状態における撮像結果から前記フォーカス状態における前記マークの特徴点の位置を推定する第4工程と；

前記第3工程における推定結果と前記第4工程における推定結果とに基づいて

、前記マークの位置を検出する第5工程とを含むことを特徴とする請求項1に記載の位置検出方法。

【請求項6】 前記第5工程では、前記複数のデフォーカス状態に関する撮像結果それぞれにおけるコントラストと、前記フォーカス状態に関する撮像結果におけるコントラストとを考慮して、前記マークの位置を検出することを特徴とする請求項5に記載の位置検出方法。

【請求項7】 前記複数のデフォーカス状態は、正のデフォーカス状態及び負のデフォーカス状態のいずれかのみを含み、

前記複数のデフォーカス状態における撮像結果それぞれから求められた前記マークの特徴点の位置から、外挿によって、前記フォーカス状態における前記マークの特徴点の位置が推定されることを特徴とする請求項3～6のいずれか一項に記載の位置検出方法。

【請求項8】 前記複数のデフォーカス状態は、正のデフォーカス状態と負のデフォーカス状態とを含み、

前記複数のデフォーカス状態における撮像結果それぞれから求められた前記マークの特徴点の位置から、内挿によって、前記フォーカス状態における前記マークの特徴点の位置が推定されることを特徴とする請求項3～6のいずれか一項に記載の位置検出方法。

【請求項9】 物体に形成されたマークの位置を検出する位置検出装置であつて、

前記マークの像を結像する結像光学系と；

前記結像光学系によって結像された前記マークを撮像する撮像装置と；

前記撮像装置による互いに異なる複数のデフォーカス状態を含む撮像条件における撮像結果から、撮像された前記マークの像とデフォーカス量との関係を求め、該関係に基づいて前記マークの位置を検出する処理装置とを備える位置検出装置。

【請求項10】 前記マークは、所定方向に沿って表面状態が変化し、

前記撮像装置は、前記結像光学系によって前記マークの像が結像される結像面に対して、前記結像面における前記所定方向に応じた方向回りに回転した撮像面

を備えることを特徴とする請求項9に記載の位置検出装置。

【請求項11】 前記撮像面は、前記結像面と交差することを特徴とする請求項10に記載の位置検出装置。

【請求項12】 前記マークは、所定方向に沿って表面状態が変化し、

前記結像光学系によって前記マークの像が結像される結像面に対する前記撮像装置の撮像面の前記結像面における前記所定方向に応じた方向回りの回転量を調整する傾斜調整機構を更に備えることを特徴とする請求項9に記載の位置検出装置。

【請求項13】 前記結像光学系によって前記マークの像が結像される結像面と前記撮像装置の撮像面とを、前記結像光学系の光軸方向に沿って相対移動させる移動機構を更に備えることを特徴とする請求項9に記載の位置検出装置。

【請求項14】 所定のパターンを基板上の区画領域に転写する露光方法であって、

前記基板に形成された位置検出用マークの位置を請求項1～8のいずれか一項に記載の位置検出方法によって検出して、前記区画領域の位置に関する所定数のパラメータを求め、前記基板上における前記区画領域の配列情報を算出する配列算出工程と；

前記配列算出工程において求められた前記区画領域の配列情報に基づいて、前記基板の位置制御を行いつつ、前記区画領域に前記パターンを転写する転写工程とを含む露光方法。

【請求項15】 所定のパターンを基板上の区画領域に転写する露光装置であって、

前記基板を移動面に沿って移動させるステージ装置と；

前記ステージ装置に搭載された前記基板上のマークの位置を検出する請求項9～13のいずれか一項に記載の位置検出装置とを備える露光装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、位置検出方法、位置検出装置、露光方法、及び露光装置に係り、よ

り詳しくは、物体上に形成されたマークの位置を検出する位置検出方法及び位置検出装置、並びに前記位置検出方法を使用する露光方法及び前記位置検出装置を備える露光装置に関する。

#### 【0002】

##### 【従来の技術】

従来より、半導体素子、液晶表示素子等を製造するためのリソグラフィ工程では、マスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）に形成されたパターンを投影光学系を介してレジスト等が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の基板（以下、適宜「基板」又は「ウエハ」という）上に転写する露光装置が用いられている。こうした露光装置としては、いわゆるステッパ等の静止露光型の投影露光装置や、いわゆるスキャニング・ステッパ等の走査露光型の投影露光装置が主として用いられている。

#### 【0003】

かかる露光装置においては、露光に先立ってレチクルとウエハとの位置合わせ（アライメント）を高精度に行う必要がある。このアライメントを行うために、ウエハ上には以前のリソグラフィ工程で形成（露光転写）された位置検出用マーク（アライメントマーク）が、各ショット領域に付設されており、このアライメントマークの位置を検出することで、ウエハ（又はウエハ上の回路パターン）の位置を検出することができる。そして、ウエハ（又はウエハ上の回路パターン）の位置の検出結果に基づいて、アライメントが行われる。

#### 【0004】

現在、ウエハ上のアライメントマークの位置検出にはいくつかの方法が実用化されているが、いずれの方法においても位置検出用の検出器によって得られたアライメントマークの検出結果信号の波形を解析して、ウエハ上の所定形状のアライメントマークの位置を検出している。例えば、最近の主流となっている画像検出による位置検出では、アライメントマークの光学像を撮像装置によって撮像し、その撮像信号すなわちその像の光強度分布を解析してアライメントマーク位置を検出している。かかるアライメントマークとしては、例えば、所定方向に沿ってラインパターンとスペースパターンとが交互に配列されたライン・アンド・ス

ペースマーク等が用いられている。

#### 【0005】

かかる画像検出による位置検出では、撮像されたマーク像においてラインパターンとスペースパターンとが識別できることが前提となる。しかし、近年における半導体素子等の高集積度化や微細化に伴う化学的機械的研磨（C M P）技術等の平坦化技術の進展により、ラインパターンとスペースパターンとの間の低段差化が進行しており、撮像結果におけるラインパターン部分とスペースパターン部分との間のコントラストが小さくなってしまうことにより、マーク位置の検出のために重要な要素であるラインパターンとスペースパターンとの境界（以下、「エッジ」という）が明瞭には識別できなくなってしまう事態が生じ始めている。

#### 【0006】

ところで、フォーカス状態から正又は負のデフォーカス量を徐々に増加させながら低段差マークを撮像すると、撮像結果のマーク像において、ボケの度合いは徐々に進行していくが、ラインパターン部分とスペースパターン部分との間のコントラストは、まず徐々に増加し、その後に減少することがある。すなわち、ラインパターン部分とスペースパターン部分との間のコントラストが、フォーカス状態よりも大きくなるデフォーカス状態が存在することがある。そこで、デフォーカス量を変化させることで得られるマーク像の変遷から、コントラストが高いデフォーカス位置を探し、そのデフォーカス位置で得られる信号波形を用いて、マークの位置検出を行う技術が、特開昭62-278402号公報で提案されている。

#### 【0007】

##### 【発明が解決しようとする課題】

上述の従来の技術によって検出されるマーク位置は、ラインパターン部分とスペースパターン部分との間のコントラストが確保されたデフォーカス状態における撮像結果の信号波形に基づいて検出されるマーク位置である。すなわち、従来の技術によって検出されるマーク位置は、あくまでデフォーカス状態における信号波形を使用して得られたマーク位置であり、フォーカス状態における信号波形を使用して得られるはずのマーク位置と同一であるとは限らない。

## 【0008】

これは、デフォーカス状態を発生させてマーク像を撮像するのにあたって、（a）ウエハと撮像面とをデフォーカス方向に相対移動させるときに、ウエハと撮像面との相対移動を正確にデフォーカス方向のみの移動とすることは困難であること、（b）ウエハと撮像面との間の結像光学系の傾きを厳密に零とすることは困難であること、（c）デフォーカス状態における収差の発生が等方的であるとは限らないこと等による。すなわち、こうした要因によって、デフォーカス状態におけるマーク像が撮像面内において移動したり、マーク像の横方向倍率が撮像面内において均一でなくなる又はデフォーカス量により変化することによる。

## 【0009】

一方、半導体素子等の更なる高集積化や微細化の要請により、位置合わせ用マークの低段差化の傾向は避けられない状況であるとともに、位置合わせ用マークの検出精度の向上も求められている。すなわち、現在、低段差のマークの高精度位置検出に関する新たな技術が待望されているのである。

## 【0010】

本発明は、かかる事情のもとでなされたものであり、その第1の目的は、物体上に形成されたマークの位置を、精度良く検出することが可能な位置検出方法及び位置検出装置を提供することにある。

## 【0011】

また、本発明の第2の目的は、所定のパターンを基板に高い精度で転写することが可能な露光方法及び露光装置を提供することにある。

## 【0012】

## 【課題を解決するための手段】

本発明の位置検出方法は、物体（W）に形成されたマーク（MX, MY）の位置を検出する位置検出方法であって、前記マークを、互いに異なる複数のデフォーカス状態を含む撮像条件で撮像する第1工程と；前記撮像条件における撮像結果から、撮像された前記マークの像とデフォーカス量との関係を求め、該関係に基づいて前記マークの位置を検出する第2工程とを含む位置検出方法である。

## 【0013】

これによれば、第1工程において、マークを互いに異なる複数のデフォーカス状態を含む撮像条件で撮像した後、第2工程において、撮像されたマークの像とデフォーカス量との関係すなわちデフォーカス量の変化に伴う撮像されたマーク像の変遷の様相を求める。そして、求められた撮像マーク像とデフォーカス量との関係からマークの位置すなわちフォーカス状態におけるマーク像を使用して得られるはずのマーク位置を検出する。したがって、フォーカス状態において撮像されたマーク像におけるラインパターン部とスペースパターン部とのコントラストが小さい場合であっても精度良くマークの位置を検出することができる。

#### 【0014】

本発明の位置検出方法では、前記第1工程において、前記マークの像が結像される結像面に対して傾斜した面を撮像面(62X, 62Y)として、前記マークを撮像することができる。かかる場合には、撮像面では、結像面に対する傾き方向に沿ってデフォーカス状態が変化しているので、複数のデフォーカス状態を含む撮像条件による撮像を1回の撮像によって行うことができる。したがって、精度の良いマーク位置の検出を迅速に行うことができる。

#### 【0015】

また、本発明の位置検出方法では、前記第2工程が、前記複数のデフォーカス状態における撮像結果からフォーカス状態における前記マークの特徴点の位置を推定する第3工程と；該推定結果に基づいて前記マークの位置を検出する第4工程とを含むこととすることができる。ここで、「特徴点」とは、撮像結果の生信号又はその微分信号における、極大点若しくは極小点(以下、「極点」という)又は変曲点等となる点をいう。かかる「特徴点」は、通常、マーク形状における特徴点と一致している。例えば、上述したエッジ部において、マークの撮像信号の1階微分信号の極大点又は極小点となる。なお、本明細書において「特徴点」というときには、上記の意味におけるマークの特徴点をいうものとする。

#### 【0016】

かかる場合には、第2工程におけるマーク位置の検出にあたって、まず、第3工程において、複数のデフォーカス状態における撮像結果からフォーカス状態におけるマークの特徴点の位置を推定する。この推定は、各デフォーカス状態にお

ける撮像信号の波形から求められた、各デフォーカス状態における特徴の位置のデフォーカス量の変化の様に基づいて行われる。そして、第4工程において、フォーカス状態における特徴点の推定位置に基づいて、マークの位置を検出する。この結果、マークの位置を精度良く検出することができる。

#### 【0017】

ここで、前記第2工程では、前記フォーカス状態における前記マークの特徴点の位置の推定を、前記複数のデフォーカス状態における撮像結果それぞれにおけるコントラストを考慮して行うことができる。かかる場合には、各デフォーカス状態の撮像結果におけるコントラストに基づいて、各デフォーカス状態における特徴点位置の確からしさが考慮される。すなわち、コントラストが大きな撮像結果を使用して得られ、確からしさが高い特徴点位置を高く評価し、一方コントラストが小さな撮像結果を使用して得られ、確からしさが低い特徴点位置を低く評価しつつ、デフォーカス量の変化による特徴点位置の変遷を求める。この結果、特徴点位置の確からしさが合理的に評価されてマーク位置が検出されるので、精度良くマークの位置を検出することができる。

#### 【0018】

以上では、デフォーカス状態における撮像結果のみを使用してマークの位置を検出したが、フォーカス状態における撮像結果においてラインパターン部とスペースパターン部とのコントラストが十分とはいえないまでもある程度確保できた場合には、フォーカス状態における撮像結果を更に使用することが可能である。すなわち、本発明の位置検出方法では、前記撮像条件がフォーカス状態を更に含み、前記第2工程が、前記複数のデフォーカス状態における撮像結果からフォーカス状態における前記マークの特徴点の位置を推定する第3工程と；前記フォーカス状態における撮像結果から前記フォーカス状態における前記マークの特徴点の位置を推定する第4工程と；前記第3工程における推定結果と前記第4工程における推定結果とに基づいて、前記マークの位置を検出する第5工程とを含むこととすることができる。かかる場合には、各デフォーカス状態における特徴位置にフォーカス状態における撮像結果から得られた特徴点の推定位置を加えた特徴点位置に基づいてマークの位置を検出するので、精度良くマークの位置を検出す

ることができる。

#### 【0019】

ここで、前記第5工程では、前記複数のデフォーカス状態に関する撮像結果それぞれにおけるコントラストと、前記フォーカス状態に関する撮像結果におけるコントラストとを考慮して、前記マークの位置を検出することができる。かかる場合には、各撮像結果におけるコントラストによって異なる各状態における推定位置の確からしさが考慮される。すなわち、フォーカス状態に関する撮像結果から推定される特徴点位置についても、上述したデフォーカス状態の場合と同様に、コントラストの大きさによって推定された特徴点位置の確からしさが異なってくるので、複数のデフォーカス状態及びフォーカス状態それぞれにおけるコントラストから各状態における撮像結果から求められる特徴点位置の確からしさを評価する。この結果、精度良くマークの位置を検出することができる。

#### 【0020】

なお、前記複数のデフォーカス状態が、正のデフォーカス状態及び負のデフォーカス状態のいずれかのみを含み、前記複数のデフォーカス状態における撮像結果それぞれから求められた前記マークの特徴点の位置から、外挿によって、前記フォーカス状態における前記マークの特徴点の位置を推定することも可能であるし、また、前記複数のデフォーカス状態が、正のデフォーカス状態と負のデフォーカス状態とを含み、前記複数のデフォーカス状態における撮像結果それぞれから求められた前記マークの特徴点の位置から、内挿によって、前記フォーカス状態における前記マークの特徴点の位置を推定することも可能である。

#### 【0021】

本発明の位置検出装置は、物体(W)に形成されたマーク(MX, MY)の位置を検出する位置検出装置であって、前記マークの像を結像する結像光学系(64X, 64Y)と；前記結像光学系によって結像された前記マークを撮像する撮像装置(AS)と；前記撮像装置による互いに異なる複数のデフォーカス状態を含む撮像条件における撮像結果から、撮像された前記マークの像とデフォーカス量との関係を求め、該関係に基づいて前記マークの位置を検出する処理装置(20)とを備える位置検出装置である。

## 【0022】

これによれば、結像光学系によって結像されたマーク像を、互いに異なる複数のデフォーカス状態を含む撮像条件で撮像装置装置によって撮像する。そして、処理装置が、各撮像条件における撮像結果から、撮像されたマークの像とデフォーカス量との関係を求め、撮像されたマーク像とデフォーカス量との関係からマークの位置すなわちフォーカス状態におけるマーク像を使用して得られるはずのマーク位置を検出する。すなわち、本発明の位置検出方法を使用して、マーク位置を検出することができるので、フォーカス状態において撮像されたマーク像におけるラインパターン部とスペースパターン部とのコントラストが小さい場合であっても精度良くマークの位置を検出することができる。

## 【0023】

本発明の位置検出装置では、前記マークが所定方向に沿って表面状態が変化し、前記撮像装置が、前記結像光学系によって前記マークの像が結像される結像面(62X, 62Y)に対して、前記結像面における前記所定方向に応じた方向回りに回転した撮像面を備える構成とすることができる。かかる場合には、撮像面では、結像面に対する傾き方向に沿ってデフォーカス状態が変化しているので、複数のデフォーカス状態を含む撮像条件による撮像を1回の撮像によって行うことができる。したがって、精度の良いマーク位置の検出を迅速に行うことができる。

## 【0024】

ここで、前記撮像面が前記結像面と交差する構成とすることができる。かかる場合には、撮像面におけるデフォーカス状態は、正のデフォーカス状態及び負のデフォーカス状態とを含むので、複数のデフォーカス状態における撮像結果それぞれから抽出された前記マークの特徴点の位置から、内挿によって、フォーカス状態におけるマークの特徴点の位置を推定することができる。

## 【0025】

また、本発明の位置検出装置では、前記マークが所定方向に沿って表面状態が変化し、前記結像光学系によって前記マークの像が結像される結像面に対する前記撮像装置の撮像面の前記結像面における前記所定方向に応じた方向回りの回転

量を調整する傾斜調整機構（63X, 63Y）を更に備える構成とすることができる。かかる場合には、マークにおけるラインパターン部とスペースパターン部との段差に応じて、傾斜調整機構が撮像面の結像面に対する傾斜量を調整することにより、精度良くマーク位置を検出するために必要な複数のデフォーカス状態を、撮像面上に同時に発生させることができる。したがって、マークにおけるラインパターン部とスペースパターン部との段差にかかわらず、迅速かつ精度良くマークの位置を検出することができる。

#### 【0026】

また、本発明の位置検出装置では、前記結像光学系によって前記マークの像が結像される結像面と前記撮像装置の撮像面とを、前記結像光学系の光軸方向に沿って相対移動させる移動機構（65）を更に備える構成とすることができる。かかる場合には、移動機構がマーク像の結像面と撮像面とを結像光学系の光軸方向に沿って相対移動させることにより、精度良くマーク位置を検出するために必要な複数のデフォーカス状態を、撮像面上に順次発生することができる。したがって、マークにおけるラインパターン部とスペースパターン部との段差にかかわらず、精度良くマークの位置を検出することができる。

#### 【0027】

本発明の露光方法は、所定のパターンを基板（W）上の区画領域（SA）に転写する露光方法であって、前記基板に形成された位置検出用マーク（MX, MY）の位置を本発明の位置検出方法によって検出して、前記区画領域の位置に関する所定数のパラメータを求め、前記基板上における前記区画領域の配列情報を算出する配列算出工程と；前記配列算出工程において求められた前記区画領域の配列情報に基づいて、前記基板の位置制御を行いつつ、前記区画領域に前記パターンを転写する転写工程とを含む露光方法である。

#### 【0028】

これによれば、配列算出工程において、本発明の位置検出方法を使用して、基板に形成された位置検出用マークの位置を高精度で検出し、その検出結果に基づいて基板上の区画領域の配列座標を算出する。そして、転写工程において、区画領域の配列座標の算出結果に基づいて基板の位置合わせを行いつつ、区画領域に

パターンを転写する。したがって、所定のパターンを精度良く区画領域に転写することができる。

#### 【0029】

本発明の露光装置は、所定のパターンを基板（W）上の区画領域（S A）に転写する露光装置であって、前記基板を移動面に沿って移動させるステージ装置（W S T）と；前記ステージ装置に搭載された前記基板上のマークの位置を検出する本発明の位置検出装置とを備える露光装置である。これによれば、本発明の位置検出装置により、基板上のマークの位置ひいては基板の位置を精度良く検出することができる。したがって、ステージ装置が、精度良く求められた基板の位置に基づいて基板を移動させることができる。この結果、精度を向上して、所定のパターンを基板上の区画領域に転写することができる。

#### 【0030】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の一実施形態を、図1～図9を参照して説明する。

#### 【0031】

図1には、本発明の一実施形態に係る露光装置100の概略構成が示されている。この露光装置100は、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置である。この露光装置100は、照明系10、マスクとしてのレチクルRを保持するレチクルステージR S T、投影光学系P L、基板（物体）としてのウエハWが搭載されるウエハステージW S T、撮像装置としてのアライメント顕微鏡A S、及び装置全体を統括制御する主制御系20等を備えている。

#### 【0032】

前記照明系10は、光源、フライアイレンズ等からなる照度均一化光学系、リーレンズ、可変N D フィルタ、レチクルブラインド、及びダイクロイックミラー等（いずれも不図示）を含んで構成されている。こうした照明系の構成は、例えば、特開平10-112433号公報に開示されている。この照明系10では、回路パターン等が描かれたレチクルR上のレチクルブラインドで規定されたスリット状の照明領域部分を照明光I Lによりほぼ均一な照度で照明する。

#### 【0033】

前記レチクルステージRST上にはレチクルRが、例えば真空吸着により固定されている。レチクルステージRSTは、ここでは、磁気浮上型の2次元リニアアクチュエータから成る不図示のレチクルステージ駆動部によって、レチクルRの位置決めのため、照明系10の光軸（後述する投影光学系PLの光軸AXに一致）に垂直なXY平面内で微少駆動可能であるとともに、所定の走査方向（ここではY方向とする）に指定された走査速度で駆動可能となっている。さらに、本実施形態では上記磁気浮上型の2次元リニアアクチュエータはX駆動用コイル、Y駆動用コイルの他にZ駆動用コイルを含んでいるため、Z方向にも微小駆動可能となっている。

#### 【0034】

レチクルステージRSTのステージ移動面内の位置はレチクルレーザ干渉計（以下、「レチクル干渉計」という）16によって、移動鏡15を介して、例えば0.5～1nm程度の分解能で常時検出される。レチクル干渉計16からのレチクルステージRSTの位置情報（又は速度情報）RPVはステージ制御系19に送られ、ステージ制御系19はレチクルステージRSTの位置情報に基づいてレチクルステージ駆動部（図示省略）を介してレチクルステージRSTを駆動する。なお、レチクルステージRSTの位置情報RPVはステージ制御系19を介して主制御系20にも送られている。

#### 【0035】

前記投影光学系PLは、レチクルステージRSTの図1における下方に配置され、その光軸AXの方向がZ軸方向とされている。投影光学系PLとしては、両側テレセントリックで所定の縮小倍率（例えば1/5、又は1/4）を有する屈折光学系が使用されている。このため、照明光学系からの照明光ILによってレチクルRの照明領域が照明されると、このレチクルRを通過した照明光ILにより、投影光学系PLを介してその照明領域内のレチクルRの回路パターンの縮小像（部分倒立像）が表面にレジスト（感光剤）が塗布されたウエハW上に形成される。

#### 【0036】

前記ウエハステージWSTは、投影光学系PLの図1における下方で、ベース

B S 上に配置され、このウエハステージW S T上には、ウエハホルダ2 5が載置されている。このウエハホルダ2 5上にウエハWが例えば真空吸着等によって固定されている。ウエハホルダ2 5は不図示の駆動部により、投影光学系P Lの光軸直交面に対し、任意方向に傾斜可能で、かつ投影光学系P Lの光軸A X方向（Z方向）にも微動可能に構成されている。また、このウエハホルダ2 5は光軸A X回りの微小回転動作も可能になっている。

## 【0037】

ウエハステージW S Tは走査方向（Y方向）の移動のみならず、ウエハW上の複数のショット領域を前記照明領域と共に役な露光領域に位置させることができるよう、走査方向に垂直な方向（X方向）にも移動可能に構成されており、ウエハW上の各ショット領域を走査（スキャン）露光する動作と、次のショットの露光開始位置まで移動する動作とを繰り返すステップ・アンド・スキャン動作を行う。このウエハステージW S Tはモータ等を含むのウエハステージ駆動部2 4によりX Y 2次元方向に駆動される。

## 【0038】

ウエハステージW S TのX Y平面内での位置はウエハレーザ干渉計1 8によって、移動鏡1 7を介して、例えば0. 5～1 nm程度の分解能で常時検出されている。ウエハステージW S Tの位置情報（又は速度情報）W P Vはステージ制御系1 9に送られ、ステージ制御系1 9はこの位置情報W P Vに基づいてウエハステージW S Tを制御する。なお、ウエハステージW S Tの位置情報W P Vはステージ制御系1 9を介して主制御系2 0にも送られている。

## 【0039】

前記アライメント顕微鏡A Sは、投影光学系P Lの側面に配置された、オファクシス方式のアライメントセンサである。このアライメント顕微鏡A Sは、ウエハW上の各ショット領域に付設されたアライメントマーク（ウエハマーク）の撮像結果を出力する。かかる撮像結果は撮像データI MDとして主制御系2 0へ送られる。

## 【0040】

このアライメント顕微鏡A Sは、図2（A）に示されるように、光源5 1、コ

リメータレンズ52、ビームスプリッタ53、ミラー54、対物レンズ55、集光レンズ56、指標板57、第1リレーレンズ58、ビームスプリッタ59、X軸用第2リレーレンズ60X、撮像面62Xを有する2次元CCDより成るX軸用撮像素子61X、傾斜調節機構63X、Y軸用第2リレーレンズ60Y、撮像面62Yを有する2次元CCDより成るY軸用撮像素子61Y、及び傾斜調節機構63Y等を含んで構成されている。ここで、このアライメント顕微鏡ASの構成各部についてその作用とともに説明する。

#### 【0041】

光源51は、ウェハ上のフォトトレジストを感光させない非感光性の光であって、ある帯域幅（例えば200nm程度）をもつブロードな波長分布の光を発する。特に、光源51として、ハロゲンランプが好適に採用可能である。レジスト層での薄膜干渉によるマーク検出精度の低下を防止するため、十分に広い帯域幅の照明光を用いることが望ましい。特に、アライメント顕微鏡ASのように画像処理方式の計測顕微鏡を用いる場合には、このことは重要である。

#### 【0042】

光源51からの照明光がコリメータレンズ52、ビームスプリッタ53、ミラー54、及び対物レンズ55を順次介してウェハW上のアライメントマークMX又はMY（図3参照）の近傍に照射される。そして、アライメントマークMX又はMYからの反射光が、対物レンズ55、ミラー54、ビームスプリッタ53、及び集光レンズ56を順次介して指標板57上に到達し、指標板57上にアライメントマークMX又はMYの像が結像される。

#### 【0043】

指標板57を透過した光は、第1リレーレンズ58を経てビームスプリッタ59に向かう。そして、ビームスプリッタ59を透過した光が、X軸用第2リレーレンズ60XによりX軸用撮像素子61Xの撮像面62X上に集束される。一方、ビームスプリッタ59で反射された光は、Y軸用第2リレーレンズ60YによりY軸用撮像素子61Yの撮像面62Y上に集束される。この結果、撮像素子61X、61Yの撮像面62X、62Y上にはそれぞれアライメントマークMX又はMYの像及び指標板57上の指標マークの像が重ねて投影される。なお、対物

レンズ55、集光レンズ56、第1リレーレンズ58、X軸用第2リレーレンズ60XからマークMX用の結像光学系64Xが構成されており、また、対物レンズ55、集光レンズ56、第1リレーレンズ58、Y軸用第2リレーレンズ60YからマークMY用の結像光学系64Yが構成されている。

#### 【0044】

ここで、図2(B)に示されるように、主制御系20からの傾斜制御データRCXに応じて傾斜調節機構63Xが、マークMX用結像光学系に関するウエハ座標系(X, Y, Z)の共役座標系( $X_X, Y_X, Z_X$ )の $X_X$ 軸回りに撮像素子61Xを回転させる(回転角 $\phi_X$ )ことにより、マークMX用の結像光学系64Xのマーク像の結像面に対する撮像面62Xの傾斜量が調整される。また、図2(C)に示されるように、主制御系20からの傾斜制御データRCYに応じて傾斜調節機構63Yが、マークMY用の結像光学系64Yに関するウエハ座標系(X, Y, Z)の共役座標系( $X_Y, Y_Y, Z_Y$ )の $Y_Y$ 軸回りに撮像素子61Yを回転させる(回転角 $\phi_Y$ )ことにより、マークMY用結像光学系64Yのマーク像の結像面に対する撮像面62Yの傾斜量が調整される。

#### 【0045】

こうして傾斜量が調整された撮像面62X, 62Yにおけるマーク像が撮像素子61X及び61Yによって撮像され、その撮像結果である撮像データIMDが主制御系20に供給される。なお、撮像対象がマークMXである場合には、撮像素子61Xによって得られた撮像結果のみが撮像データIMDとして主制御系20に供給される。一方、撮像対象がマークMYである場合には、撮像素子61Yによって得られた撮像結果のみが撮像データIMDとして主制御系20に供給される。

#### 【0046】

アライメントマークとしては、例えば、図3(A)に示されるようなウエハW上のショット領域SAの周囲のストリートライン上に形成された、位置合わせマークとしてのX方向位置検出用のマークMXとY方向位置検出用のマークMYとが使用される。各マークMX、MYとしては、例えば、図3(B)において拡大されたマークMXで代表して示されるように、検出位置方向について周期構造を

有するラインアンドスペースマークを使用することができる。アライメント顕微鏡A Sは、その撮像結果である撮像データIMDを主制御系20へ向けて出力する（図1参照）。なお、図3（B）においては、ラインが5本のラインアンドスペースマークが示されているが、マークMX（又はマークMY）として採用されるラインアンドスペースマークにおけるライン本数は、5本に限定されるものではなく、他の本数であってもよい。また、以下の説明においては、マークMX及びマークMYの個々を示す場合には、対応するショット領域SAの配列位置に応じてマークMX（i, j）及びマークMY（i, j）と記すものとする。

#### 【0047】

ウエハWにおけるマークMXの形成領域は、図4（A）のXZ断面で示されるように、基層71の表面にラインパターン73とスペースパターン74とがX方向に交互に形成されており、ラインパターン73及びスペースパターン74をレジスト層が覆っている。レジスト層の材質は、例えばポジ型レジスト材や化学増幅型レジストであり、高い光透過性を有している。また、基層71の材質とラインパターン73の材質とは互いに異なっており、一般に反射率や透過率が互いに異なっている。本実施形態では、ラインパターン73の材質は反射率が高いものであり、かつ、基層71の材質はラインパターン73の材質よりも反射率が低いものとしている。そして、基層71及びラインパターン73の上面はほぼ平坦であるとする。

#### 【0048】

このとき、上方から照明光を照射し、マークMXの形成領域における反射光による像を上方で観察すると、その像における光強度のX方向分布I（X）は、図4（B）に示されるものとなる。すなわち、観察像において、ラインパターン73の上面に対応する位置で光強度が最も大きく且つ一定であり、スペースパターン74上面に対応する位置で光強度が次に大きく且つ一定であり、そして、ラインパターン73の上面と基層71上面との間では、光強度がJ字（又は、し字）状に変化する。こうした図4（B）に示された信号波形（生波形）についての1階微分波形 $d(I(X))/dX$ （以下、「J(X)」という）及び2階微分波形 $d^2(I(X))/dX^2$ が、図4（C）及び図4（D）に示されている。なお

、本実施形態では、1階微分波形J(X)を解析して、マークMXの位置を検出ことにしている。また、マークMYについてもXの位置を検出することにしている。

## 【0049】

なお、マークMYも、ラインパターンとスペースパターンとの配列方向がY方向であることを除いて、マークMXと同様に構成されている。また、マークMYについても、生波形の1階微分波形J(X)を解析して、Y位置を検出することにしている。

## 【0050】

前記主制御系20は、図5に示されるように、主制御装置30と記憶装置40とを備えている。主制御装置30は、アライメント顕微鏡ASに傾斜制御データRCX, RCYを供給するとともに、ステージ制御系19にステージ制御データSCDを供給する等して露光装置100の動作を制御する制御装置39と、アライメント顕微鏡ASからの撮像データIMDを収集する撮像データ収集装置31と、該撮像データ収集装置31によって収集された撮像データIMDを解析してアライメントマークMX, MYの位置を求める位置演算装置32と、該位置演算装置32によって求められたアライメントマークMX, MYの位置に基づいて、ショット領域SAの配列座標を規定するパラメータを算出するパラメータ算出装置35とを含んでいる。そして、位置演算装置32は、各デフォーカス状態における撮像データIMDを解析して、デフォーカス状態ごとに特徴点の位置を抽出する特徴点位置抽出装置33と、デフォーカス状態ごとに特徴点の位置にもとづいて、アライメントマークMX, MYの位置を算出する位置算出装置34とから構成されている。

## 【0051】

また、記憶装置40は、その内部に、撮像データIMDを格納する撮像データ格納領域41と、デフォーカス状態ごとの特徴点の位置を格納する特徴点位置格納領域42と、マーク位置格納領域43と、パラメータ格納領域44とを有している。

## 【0052】

なお、図5においては、データの流れが実線矢印で示され、制御の流れが点線矢印で示されている。主制御系20の各装置の作用は後述する。

#### 【0053】

以上のように、本実施形態では、主制御装置30を各種の装置を組み合わせて構成したが、主制御装置30を計算機システムとして構成し、主制御装置30を構成する上記の各装置の機能を主制御装置30に内蔵されたプログラムによって実現することも可能である。

#### 【0054】

図1に戻り、露光装置100には、投影光学系PLの最良結像面に向けて複数のスリット像を形成するための結像光束を光軸AX方向に対して斜め方向より供給する照射光学系13と、その結像光束のウエハWの表面での各反射光束をそれぞれスリットを介して受光する受光光学系14とから成る斜入射方式の多点フォーカス検出系が、投影光学系PLを支える支持部（図示省略）に固定されている。この多点フォーカス検出系（13、14）としては、例えば特開平5-190423号公報に開示されるものと同様の構成のものが用いられ、ステージ制御系19はこの多点フォーカス検出系（13、14）からのウエハ位置情報に基づいてウエハホルダ25をZ方向及び傾斜方向に駆動する。

#### 【0055】

以上のように構成された露光装置100では、以下のようにしてウエハW上におけるショット領域の配列座標を検出する。なお、ショット領域の配列座標を検出する前提として、マークMX（i，j），MY（i，j）は、前層までプロセス（例えば、第1層目のプロセス）で既にウエハW上に形成されているものとする。また、ウエハWがウエハホルダ25に不図示のウエハローダによってロードされており、主制御系20によるステージ制御系19を介したウエハWの移動により、アライメント顕微鏡ASの観察視野内に各マークMX（i，j），MY（i，j）を入れることができるように、粗い精度の位置合わせ（プリアライメント）が既に行われているものとする。こうした、プリアライメントは、ウエハWの外形の観察や、広い視野でのマークMX（i，j），MY（i，j）の観察結果及びウエハ干渉計18からの位置情報（又は速度情報）に基づいて、主制御系

20（より詳しくは、制御装置39）によってステージ制御系19を介して行なわれる。

#### 【0056】

また、マークMX(i, j), MY(i, j)におけるラインパターン73部分とスペースパターン74部との段差（ラインパターン73の厚さにほぼ一致）は既知であるものとする。そして、かかる既知の段差の場合において、デフォーカス量の変化によるラインパターン73部とスペースパターン74部とのコントラストの変遷状況も既知であり、マークMX(i, j), MY(i, j)の位置検出のために適當な上述した撮像面62Xの傾斜角 $\phi_{X0}$ 及び撮像面62Yの傾斜角 $\phi_{Y0}$ も既知であるものとする。なお、ラインパターン73部分とスペースパターン74部との段差については、実測によって求めることもできるし、設計値を使用することもできる。また、マークMX(i, j), MY(i, j)の位置検出のために適當な傾斜角 $\phi_{X0}$ 及び傾斜角 $\phi_{Y0}$ については、傾斜角を変化させながら撮像した結果に基づいて求めることもできるし、段差等のマーク形状情報等に基づいた算出によって求めることもできる。

#### 【0057】

また、ショット領域の配列座標を検出するために計測される、設計上一直線上には並ばない3個以上のXアライメントマークMX( $i_m, j_m$ ) ( $m = 1 \sim M$ ;  $M \geq 3$ )、及び設計上一直線上には並ばない3個以上のYアライメントマークMY( $i_n, j_n$ ) ( $n = 1 \sim N$ ;  $N \geq 3$ )は既に選択されているものとする。但し、選択されるマークの総数 (=M+N) は6個よりも多い個数でなければならぬ。

#### 【0058】

以下、ウエハW上におけるショット領域SAの配列座標の検出を、図6に示されるフローチャートに基づきながら、適宜他の図面を参照しつつ説明する。

#### 【0059】

まず、図6のステップ201において、選択されたマークMX( $i_m, j_m$ ), MY( $i_n, j_n$ ) の内の最初のマーク（XアライメントマークMX( $i_1, j_1$ )とする）をアライメント顕微鏡ASによる撮像位置となるようにウエハWを移動

する。かかる移動は、主制御系20（より詳細には、制御装置39）によってステージ制御系19を介した制御の下で行われる。こうしたマークMX（ $i_1, j_1$ ）の撮像位置への移動と並行して、アライメント顕微鏡AS内のマークMX用の撮像面62Xの傾斜角 $\phi_X$ を上述した位置検出に適当な傾斜角 $\phi_{X0}$ に設定する。かかる傾斜角設定は、主制御系20（より詳細には、制御装置39）が傾斜調節機構63Xを制御することによって行われる。また、マークMY（ $i_n, j_n$ ）の撮像のために撮像面62Yの傾斜角 $\phi_Y$ を上述した位置検出に適当な傾斜角 $\phi_{Y0}$ とする設定も、当該ステップ201において行われる。かかる傾斜角設定は、主制御系20（より詳細には、制御装置39）が傾斜調節機構63Yを制御することによって行われる。

#### 【0060】

以上のようにして、マークMX（ $i_1, j_1$ ）がアライメント顕微鏡ASによる撮像位置に設定されると、ステップ202において、アライメント顕微鏡ASが、制御装置39の制御のもとで、マークMX（ $i_1, j_1$ ）を撮像する。

#### 【0061】

ところで、マークMX（ $i_1, j_1$ ）がアライメント顕微鏡ASによる撮像位置となったときには、図7に示されるように、撮像面62Xは、上述のヴエハ座標系（X, Y, Z）の共役座標系（ $X_X, Y_X, Z_X$ ）における $X_X Y_X$ 面すなわちマークMX用結像光学系によるマークMX（ $i_1, j_1$ ）の結像面に対して、 $X_X$ 軸回りに角度 $\phi_{X0}$ だけ傾いた状態となっている。ここで、撮像面62X上で定義され2次元座標系（ $X_{MX}, Y_{MX}$ ）（ $X_{MX}$ 軸は $X_X$ 軸と一致）における座標位置（ $X_M X, Y_M X$ ）は、共役座標系（ $X_X, Y_X, Z_X$ ）においては、

$$X_X = X_{MX} \quad \dots (1)$$

$$Y_X = Y_{MX} \cdot \cos \phi_{X0} \quad \dots (2)$$

$$Z_X = Y_{MX} \cdot \sin \phi_{X0} \quad \dots (3)$$

で求められる座標位置となっている。すなわち、撮像面62XにおけるマークMX（ $i_1, j_1$ ）の像においては、撮像面62X上で定義され2次元座標系（ $X_{MX}, Y_{MX}$ ）における位置において、 $Y_{MX}$ 座標値に比例したデフォーカス量DF（ $Y_{MX}$ ）（= $Y_{MX} \cdot \sin \phi_{X0}$ ）が発生した状態となっている。なお、撮像面62X

には上述した指標マークの像も重ねて投影されているが、図7では、指標マークの像の図示を省略している。

## 【0062】

かかる撮像面62Xに投影された像を撮像することにより、マークMX( $i_1, j_1$ )におけるX軸方向の共役方向である $X_{MX}$ 軸方向の直交方向( $Y_{MX}$ 軸方向)に沿って正のデフォーカス状態から負のデフォーカス状態へ連続的にデフォーカス状態が変化しているマークMX( $i_1, j_1$ )の像(及び指標マークの像)が撮像される。そして、アライメント顕微鏡ASによる撮像結果である撮像データIMDを、制御装置39からの指示に応じて、撮像データ収集装置31が取り込み、撮像データ格納領域41に格納することにより、撮像データIMDが収集される。

## 【0063】

次に、ステップ203において、制御装置39の指示に応じて、特徴点位置抽出装置33が、所定のデフォーカス量間隔を $\Delta DF$ として、

$$DF_k = k \cdot \Delta DF \quad \cdots (4)$$

で表されるデフォーカス量 $DF_k$ ( $k = -K \sim K$ )ごとの特徴点のX位置を抽出する。なお、以下の説明においては、 $K = 3$ である場合を例にとって説明する。

## 【0064】

かかる特徴点位置の抽出にあたって、まず、特徴点位置抽出装置33は、撮像面62Xにおいて、上記のデフォーカス量 $DF_k$ が発生しているY位置 $Y_k$ を、

$$Y_k = DF_k / \sin \phi_{X0} \quad \cdots (5)$$

によって算出する。引き続き、特徴点位置抽出装置33は、撮像データ格納領域41から撮像データIMDを読み出し、図8(A)に示されるように、撮像面62Xの $Y_{MX}$ 位置 $Y_k$ それぞれについて、走査線 $SLX_{k,p}$ 上の信号強度分布(光強度分布) $I_{k,p}(X_{MX})$ を抽出する。かかる抽出にあたっては、図8(B)において、 $Y_{MX}$ 位置 $Y_0$ について代表的に示されるように、撮像面62Xの $Y_{MX}$ 位置 $Y_k$ それぞれについて、 $Y_{MX}$ 方向について $Y_{MX}$ 位置 $Y_k$ を中心とする $X_{MX}$ 方向のP本(Pは複数(例えば、5本))の走査線 $SLX_{k,p}$ ( $p = 1 \sim P$ )上の信号強度分布(光強度分布) $I_{k,1}(X_{MX}) \sim I_{k,P}(X_{MX})$ を抽出する。そして、次の(

6) 式によって、 $Y_{MX}$ 位置 $Y_k$ それぞれにおける $X_{MX}$ 方向に関する信号強度分布の波形 $I_k(X_{MX})$ を求める。なお、各 $Y_{MX}$ 位置 $Y_k$ 間における $X_{MX}$ 位置合わせは、 $Y_{MX}$ 位置 $Y_k$ における上記の指標マークの $X_{MX}$ 位置を同一とすることによって行われる。

## 【0065】

## 【数1】

$$I_k(X_{MK}) = \left( \sum_{i=1}^P I_{k,p}(X_{MK}) \right) / P \quad \dots (6)$$

## 【0066】

こうして求められた信号波形 $I_k(X_{MX})$ は、信号強度分布 $I_{k,1}(X_{MX}) \sim I_{k,P}(X_{MX})$ の個々に重畠しているホワイトノイズや高周波ノイズが低減されたものとなっている。

## 【0067】

次いで、特徴点位置抽出装置33は、信号波形 $I_k(X_{MX})$ の微分波形 $J_k(X_{MX}) (= d I_k(X_{MX}) / d X_{MX})$ を算出する。こうして算出された微分波形 $J_k(X_{MX})$ が、図9に示されている。引き続き、特徴点位置抽出装置33は、微分波形 $J_k(X_{MX})$ それぞれについて、ピークとなる特徴点の $X_{MX}$ 位置を抽出して、特徴点位置格納領域42に格納する。

## 【0068】

次に、ステップ204において、位置算出装置34が、デフォーカス量が $D_F$ に応じた各デフォーカス状態における特徴点位置に基づいて、フォーカス状態すなわちデフォーカス量が零( $= D_F_0$ )における特徴点位置を推定する。

## 【0069】

かかる特徴点の抽出にあたって、位置算出装置34は、まず、特徴点位置格納領域42から、各デフォーカス状態における特徴点位置を読み出す。引き続き、位置算出装置34は、各デフォーカス状態間において対応する特徴点の $X_{MX}$ 位置に基づいて、デフォーカス量を変数として各デフォーカス量において求められる

特徴点の $X_{MX}$ 位置がどのような軌跡を描くかを推定する。この推定は、例えば、線形補間法やスプライン補間法による補間を行うことによって行われる。なお、本実施形態においてはスプライン補間法を使用している。こうして得られた特徴点の $X_{MX}$ 位置のデフォーカス量の変化による変遷の軌跡の例が、図9に2点鎖線で示されている。

#### 【0070】

また、上記の補間においては、デフォーカス量による特徴点のX位置の軌跡の推定にあたって、各デフォーカス量における撮像結果の波形におけるコントラストを考慮しつつ軌跡が推定される。すなわち、コントラストが大きな撮像結果となっているデフォーカス量においては、撮像結果のS/Nが高いと考えられるので、その波形から得られる特徴点の位置はその確からしさが高いと評価する。一方、コントラストが小さな撮像結果となっているデフォーカス量においては、撮像結果のS/Nが低いと考えられるので、その波形から得られる特徴点の位置はその確からしさが低いと評価する。そして、特徴点位置の確からしさの評価が高いほどその特徴点位置から離れないように、特徴点軌跡が推定される。

#### 【0071】

そして、位置算出装置34は、求められたデフォーカス量を変数とする特徴点軌跡において、デフォーカス量を零としたときの特徴点位置を、フォーカス状態における特徴点位置と推定する。

#### 【0072】

次いで、ステップ205において、位置算出装置34は、推定したフォーカス状態における特徴点位置に基づいてマークMX( $i_1, j_1$ )の位置を算出する。すなわち、推定されたフォーカス状態における各特徴点は、ラインパターン73とスペースパターン74との境界である各エッジに対応しているので、位置算出装置34は、推定された各特徴点の $X_{XM}$ 位置すなわち $X_X$ 位置及びウエハ干渉計18から供給されたウエハWのX位置情報(又は速度情報)WPVに基づいて各エッジのX位置を求め、それらのエッジ位置の平均を求めることによりマークMX( $i_1, j_1$ )のX位置を算出する。そして、位置算出装置34は、求められたマークMX( $i_1, j_1$ )の位置をマーク位置格納領域43に格納する。

## 【0073】

次に、ステップ206において選択された全てのマークについてマーク位置の算出を完了したか否かが判定される。以上では、1個のマークMX ( $i_1, j_1$ )のみについてマーク位置、すなわちマークMX ( $i_1, j_1$ )のX位置の算出が完了したのみなので、ステップ206においての判定は否定的なものとなり、ステップ207に処理が移行する。

## 【0074】

ステップ207では、制御装置39が、次のマークがアライメント顕微鏡ASの撮像視野に入る位置にウエハWを移動させる。かかるウエハWの移動は、制御装置39が、ステージ制御系19を介してウエハ駆動装置24を制御し、ウエハステージWSTを移動させることにより行われる。

## 【0075】

以後、ステップ206において、選択された全てのマークについてマーク位置が算出されたと判定されるまで、上述のマークMX ( $i_1, j_1$ )の場合と同様にして、マークMX ( $i_m, j_m$ ) ( $m=2 \sim M$ )のX位置及びマークMY ( $i_n, j_n$ ) ( $n=1 \sim N$ )のY位置が算出される。こうして、選択された全てのマークのマーク位置が算出され、マーク位置格納領域43に格納され、ステップ206において肯定的な判定がなされると、マークMX ( $i_m, j_m$ )のX位置及びマークMY ( $i_n, j_n$ )のY位置の検出が終了し、処理がステップ208に移行する。

## 【0076】

ステップ208においては、パラメータ算出装置35が、マーク位置格納領域43から、マークMX ( $i_m, j_m$ ) ( $m=1 \sim M$ )のX位置、及びマークMY ( $i_n, j_n$ ) ( $n=1 \sim N$ )のY位置を読み出して、ショット領域SAの配列座標を算出するためのパラメータ（誤差パラメータ）値を算出する。かかるパラメータの算出は、例えば特開昭61-44429号公報に開示されているEGA（エンハンスト・グローバル・アラインメント）手法等の統計的な手法を用いて算出される。そして、パラメータ算出装置35は、算出されたパラメータをパラメータ格納領域44に格納する。

## 【0077】

こうしてショット領域SAの配列座標を算出するためのパラメータの算出が終了する。

## 【0078】

以上のようにして、ショット領域SAの配列座標を算出するためのパラメータの値が算出されると、制御装置39は、パラメータ格納領域44からパラメータ値を読み出し、読み出されたパラメータ値を用いて求められたショット領域配列を使用しつつ、レチクルRにおけるスリット状の照明領域（中心は光軸AXとほぼ一致）を照明光ILにより照明した状態で、ウエハWとレチクルRとを走査方向（Y方向）に沿って互いに逆向きに、投影倍率に応じた速度比で同期移動させる。これにより、レチクルRのパターン領域のパターンがウエハW上のショット領域上に縮小転写される。

## 【0079】

以上説明したように、本実施形態によれば、ウエハW上に形成されたアライメントマークMX, MYのフォーカス状態におけるラインパターン部とスペースパターン部とのコントラストが小さな場合であっても、ラインパターン部とスペースパターン部とのコントラストが確保可能な互いに異なる複数のデフォーカス状態におけるマークの撮像結果を使用してアライメントマークMX, MYの位置を検出するので、アライメントマークMX, MYの位置を精度良く検出することができる。そして、本実施形態では、精度良く求められたアライメントマークMX, MYの位置に基づいてウエハW上のショット領域SA(i, j)の配列座標を高精度で算出し、これらの算出結果に基づいて、ウエハWの位置合わせを高精度で行うことができるので、各ショット領域SA(i, j)にレチクルRに形成されたパターンを精度良く転写することができる。

## 【0080】

また、本実施形態では、アライメントマークMX, MYの像が結像される結像面に対して、ラインパターン像とスペースパターン像とが交互に配列される方向（マークMXについてはX<sub>X</sub>軸方向、マークMYについてはY<sub>y</sub>軸方向）回りの回転量を調整することができるので、アライメントマークMX, MYにおけるライ

ンパターン部分とスペースパターン部分との段差に応じて、撮像面の結像面に対する傾斜量を調整することにより、精度良くマーク位置を検出するために必要な複数のデフォーカス状態を、撮像面上に同時に発生させることができる。したがって、アライメントマークMX, MYにおけるラインパターン部とスペースパターン部との段差にかかわらず、迅速かつ精度良くマークの位置を検出することができる。

#### 【0081】

なお、本実施形態では、アライメントマークMX, MYにおけるラインパターン部分とスペースパターン部分との段差が十分であり、ラインパターン部分とスペースパターン部分との間のコントラストが十分である場合には、撮像面の結像面に対する傾斜量を零とすることにより、精度良くマーク位置を検出することができる。

#### 【0082】

また、本実施形態では、複数のデフォーカス状態におけるアライメントマークMX, MYの撮像結果における信号波形の特徴点の位置から、デフォーカス量に変化による特徴点位置の変遷の仕方を推定することにより、フォーカス状態におけるアライメントマークMX, MYの特徴点の位置を推定しているので、精度良くかつ迅速にアライメントマークMX, MYの位置を検出することができる。

#### 【0083】

また、本実施形態では、複数のデフォーカス状態に関する撮像結果それぞれにおけるコントラストと、フォーカス状態に関する撮像結果におけるコントラストとから、各状態における特徴点位置の確からしさを合理的に評価しつつ、アライメントマークMX, MYの位置を検出するので、精度良くアライメントマークMX, MYの位置を検出することができる。

#### 【0084】

なお、上記の実施形態では、結像面に対して傾斜した撮像面を結像面と交差させ、撮像面において正のデフォーカス状態から負のデフォーカス状態までを含む構成とし、内挿によって、フォーカス状態におけるアライメントマークMX, MYの特徴点の位置を推定したが、撮像面において正のデフォーカス状態又は負の

デフォーカス状態の一方のみを発生させる構成とし、外挿によって、フォーカス状態におけるアライメントマークMX, MYの特徴点の位置を推定することも可能である。

#### 【0085】

また、上記の実施形態では、撮像面を回転することにより、撮像面に複数のデフォーカス状態を発生させたが、楔型の光学ガラスを光路中に挿入することにより、撮像面に複数のデフォーカス状態を発生させることもできる。

#### 【0086】

また、上記実施形態では、注目した信号波形のピーク点を特徴点としてフォーカス状態における特徴点位置を推定したが、注目した信号波形の零点を特徴点として、図9において点線で示されるような補間を行ってフォーカス状態における特徴点位置を推定することも可能である。

#### 【0087】

また、上記の実施形態では、結像光学系によるアライメントマークMX, MYの結像面に対して結像面を傾斜させて複数のデフォーカス状態におけるアライメントマークMX, MYの撮像を同時に行つたが、図10において撮像素子61Xについて代表的に示されるように、撮像面62Xを結像面と平行とするとともに、主制御系20から供給され、上述の傾斜制御データRCXに対応する移動制御データDCXに基づいて、移動機構65が撮像面62Xを結像光学系64Xの光軸方向に移動させることにより、結像面と撮像面62Xとを結像光学系64Xの光軸方向に沿って相対移動させることも可能である。かかる場合にも、精度良くマーク位置を検出するために適切な複数のデフォーカス状態を、撮像面62X上に順次発生することができる。また、上記の相対移動にあたっては、ウエハWを結像光学系64Xの光軸方向に沿って移動させることにしてもよいし、また、結像光学系64Xの光学部品の位置を調整することにしてもよい。

#### 【0088】

また、結像光学系64X, 64Yをそれぞれ介した光を更に2分岐し、分岐された一方の光の結像面と一致する一の撮像面を配置するとともに、他方の光の結像面に対して傾斜した他の撮像面を配置することもできる。そして、

マークMX, MYの段差が十分なコントラストを発生される段差である場合には  
一の撮像面を使用し、低段差の場合には他の撮像面を使用することとしてもよい

#### 【0089】

また、上記の実施形態では、アライメントマークとして1次元マークであるライン・アンド・スペースマークを使用したが、他の形状の1次元マークやボックス・イン・ボックスマーク等の2次元マークを使用しても、同様に精度の良いマーク位置の検出をすることができる。

#### 【0090】

また、上記の実施形態では、走査型露光装置の場合を説明したが、本発明は、紫外線を光源にする縮小投影露光装置、波長30nm前後の軟X線を光源にする縮小投影露光装置、波長1nm前後を光源にするX線露光装置、EB(電子ビーム)やイオンビームによる露光装置などあらゆるウエハ露光装置、液晶露光装置等に適応できる。また、ステップ・アンド・リピート機、ステップ・アンド・スキャン機、ステップ・アンド・スティッチング機を問わない。

#### 【0091】

また、上記の実施形態では、露光装置におけるウエハ上の位置合わせマークの位置検出及びウエハの位置合わせの場合を説明したが、本発明を適用した位置検出、及び位置合わせは、レチクル上の位置合わせマークのマーク検出、位置検出、及びレチクルの位置合わせに用いることもでき、更に、露光装置以外の装置、例えば顕微鏡等を使用した物体の観察装置、工場の組み立てライン、加工ライン、検査ラインにおける対象物の位置決め装置等における物体の位置検出やその物体の位置合わせにも利用可能である。

#### 【0092】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明の位置検出方法によれば、ラインパターン部とスペースパターン部とのコントラストが確保可能な互いに異なる複数のデフォーカス状態におけるマークの撮像結果を使用してマークの位置を検出するので、マークのフォーカス状態におけるラインパターン部とスペースパターン部とのコント

ラストが小さな場合であっても、マークの位置を精度良く検出することができる。

【0093】

また、本発明の位置検出装置によれば、本発明の位置検出方法を使用してマークの位置を検出するので、精度良くマーク位置の検出をすることができる。

【0094】

また、本発明の露光方法によれば、本発明の位置検出方法を使用して、基板に形成された位置検出用マークの位置を高精度で検出し、その検出結果に基づいて基板の位置合わせを行いつつ、区画領域にパターンを転写するので、所定のパターンを精度良くかつ迅速に区画領域に転写することができる。

【0095】

また、本発明の露光装置によれば、本発明の位置検出装置によって、位置検出用マークの位置を精度良く検出することができるので、精度を向上して、所定のパターンを基板上の区画領域に転写することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

一実施形態の露光装置の概略構成を示す図である。

【図2】

図2（A）～図2（C）は、図1のアラメント顕微鏡の内部構成を示す図である。

【図3】

図3（A）及び図3（B）は、アライメントマークの例を説明するための図である。

【図4】

図4（A）～図4（D）は、アライメントマークに関する撮像結果を説明するための図である。

【図5】

図1の主制御系の概略構成を示す図である。

【図6】

マークの位置検出動作を説明するためのフローチャートである。

【図7】

撮像時の撮像面上におけるデフォーカス状態の発生状況を説明するための図である。

【図8】

図8（A）及び図8（B）は、各デフォーカス量における信号波形の求め方を説明するための図である。

【図9】

フォーカス状態における特徴点の位置の推定を説明するための図である。

【図10】

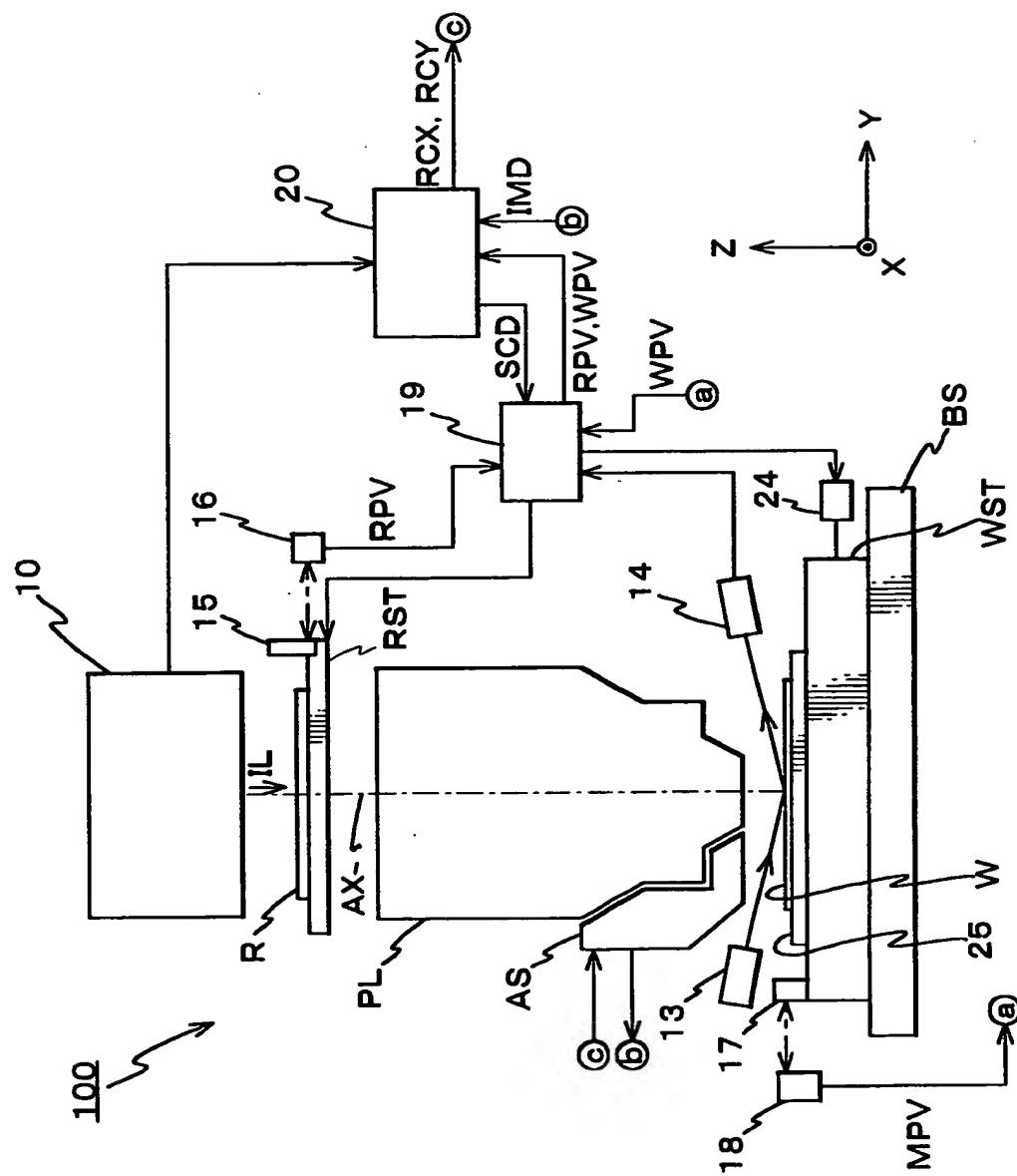
本発明の変形例を説明するための図である。

【符号の説明】

20…主制御系（処理装置）、62X, 62Y…撮像面、63X, 63Y…傾斜調整機構、64X, 64Y…結像光学系、65…移動機構、AS…アライメント顕微鏡（撮像装置）、MX, MY…アライメントマーク（マーク）、SA…ショット領域（区画領域）、W…ウエハ（物体、基板）、WST…ウエハステージ（ステージ装置）。

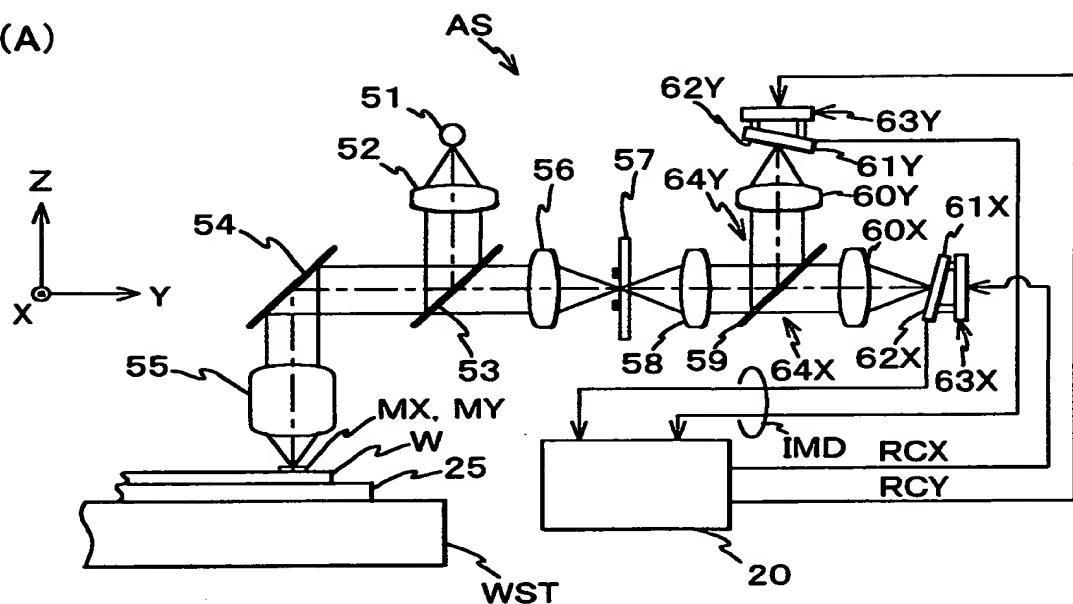
【書類名】 図面

【図1】

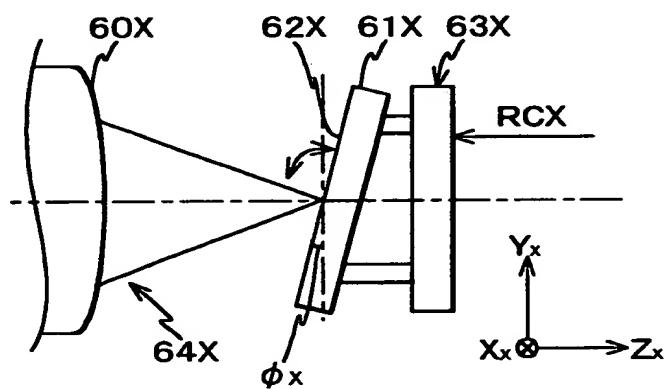


【図2】

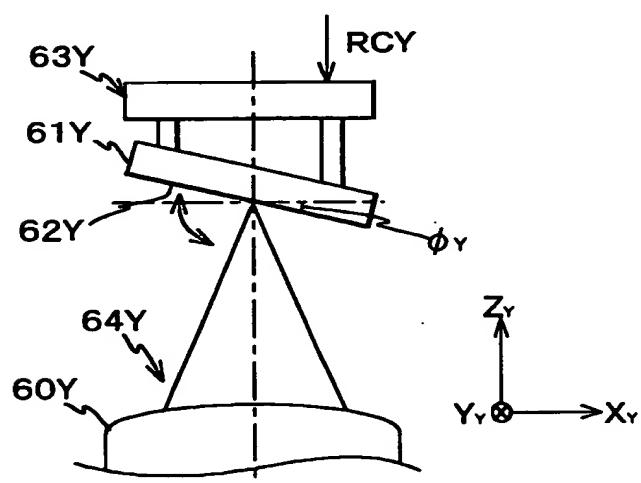
(A)



(B)

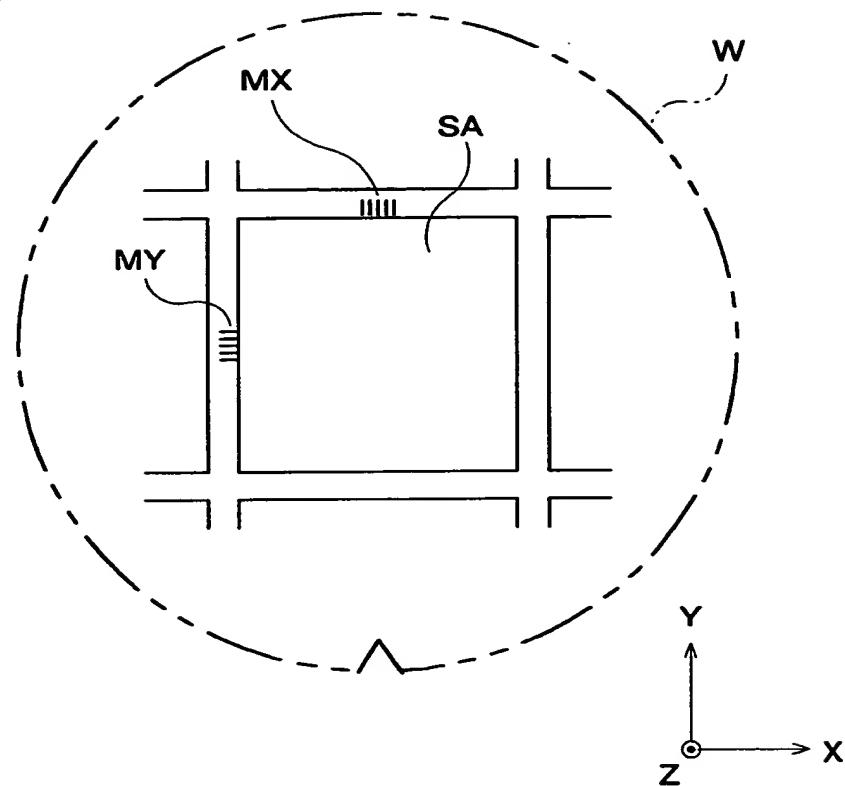


(C)

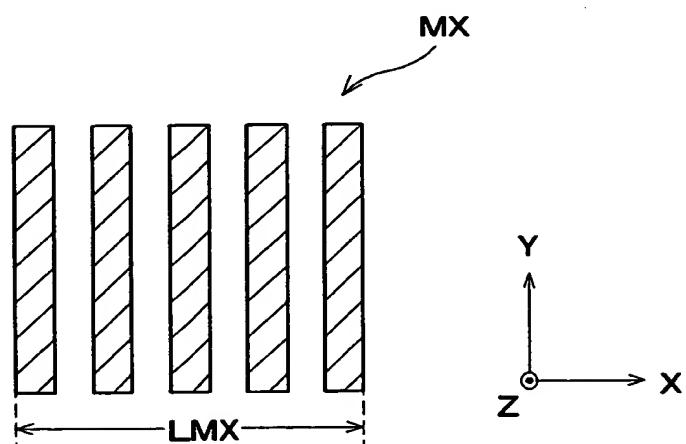


【図3】

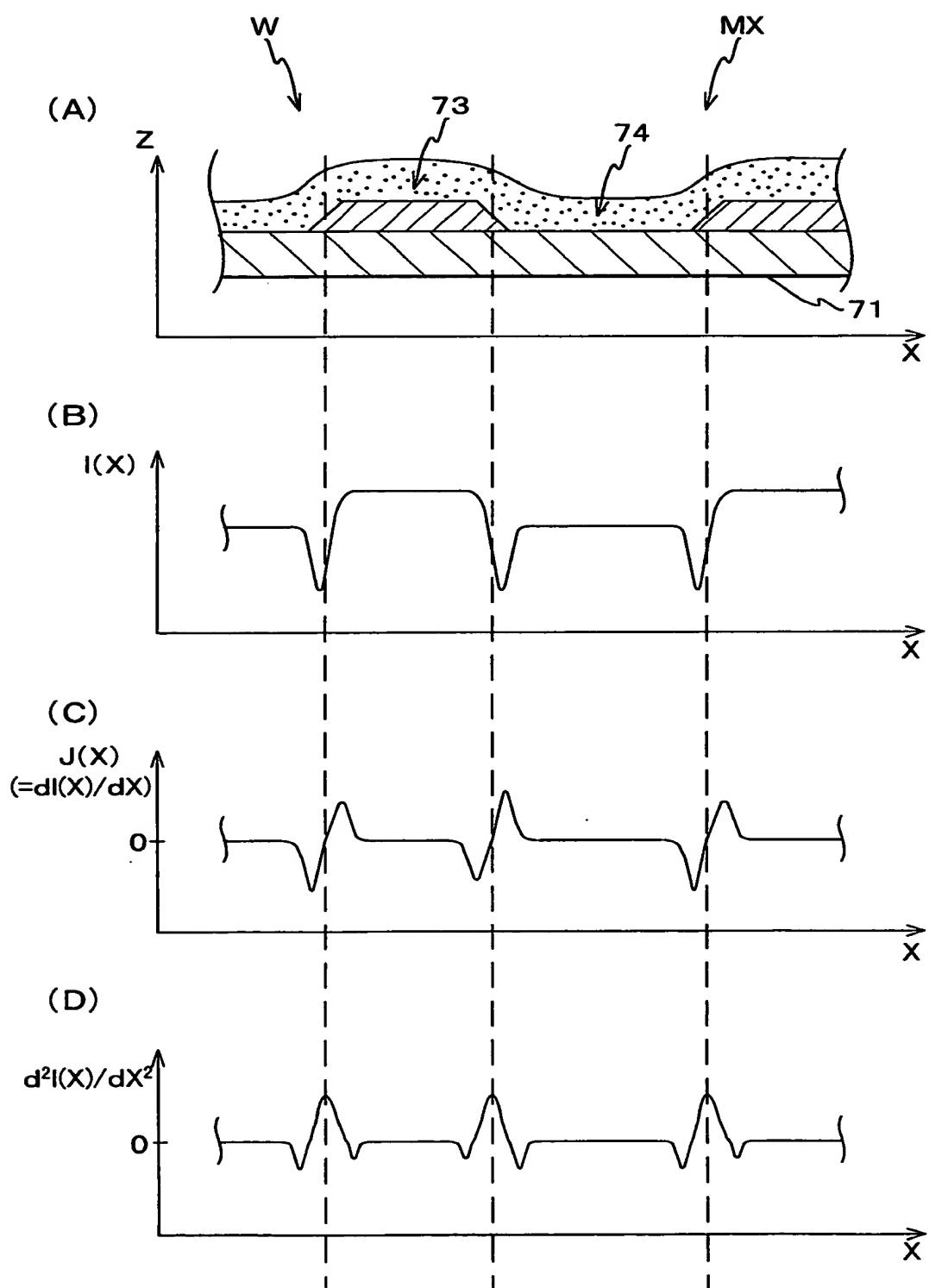
(A)



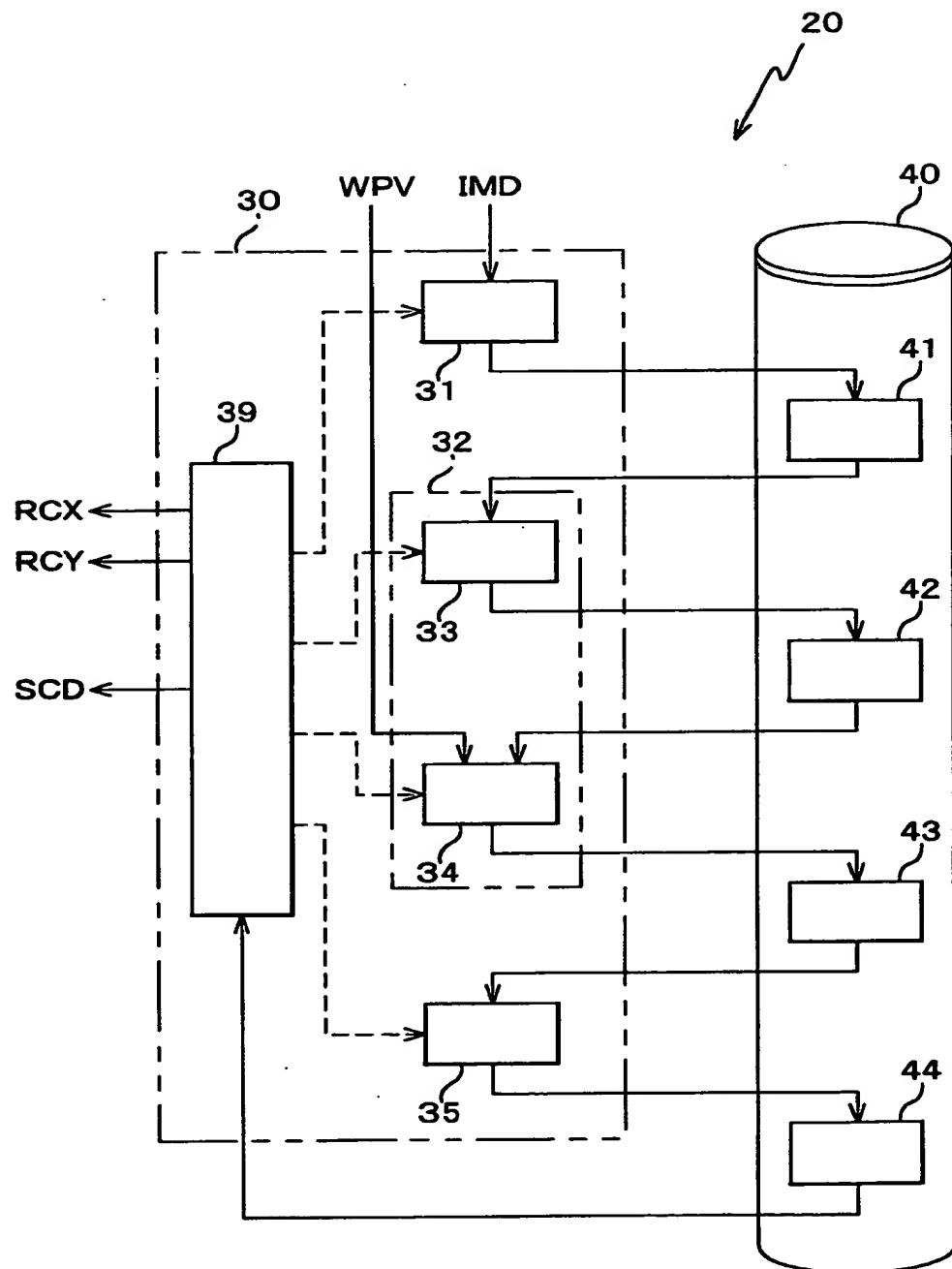
(B)



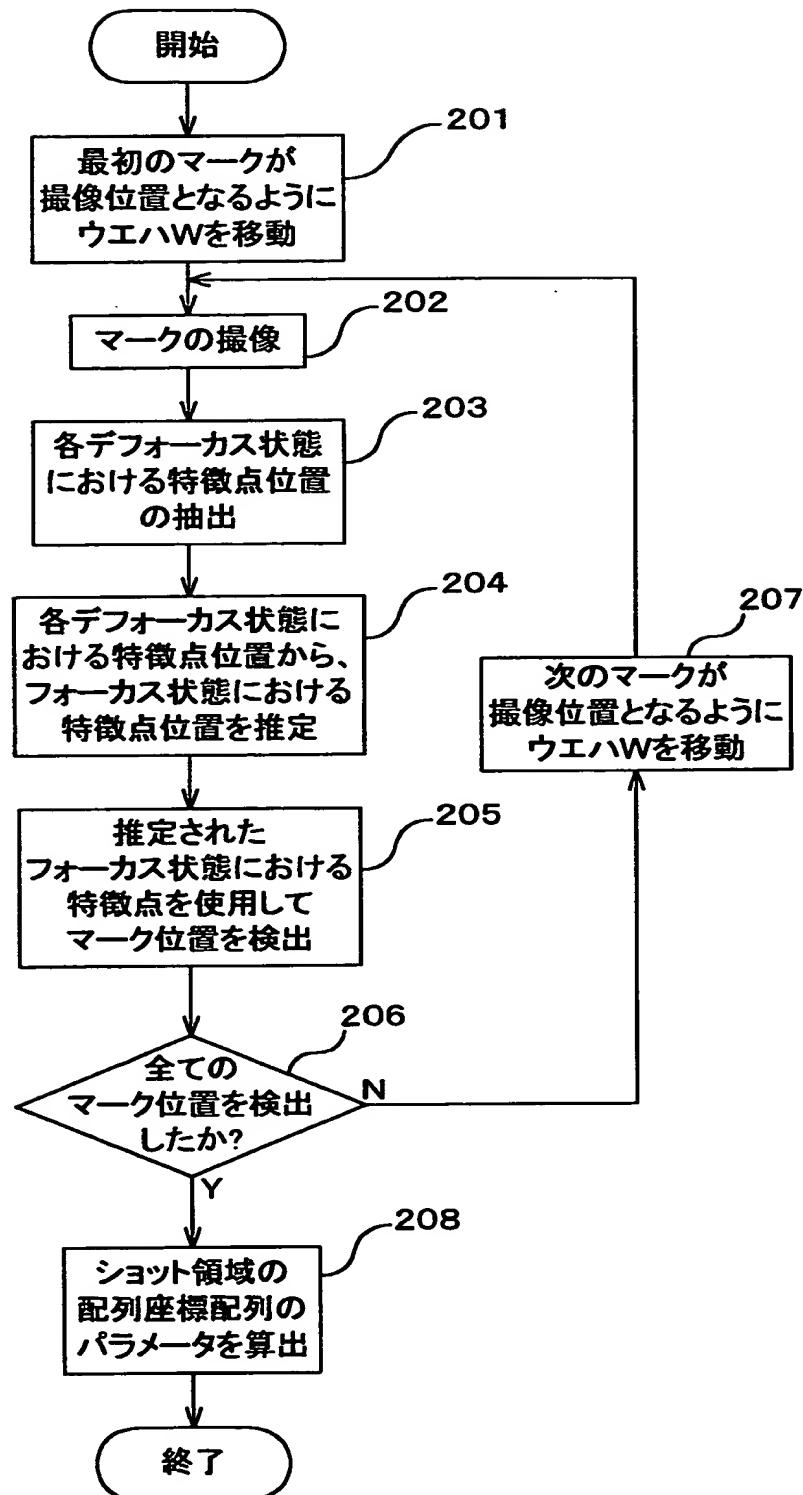
【図4】



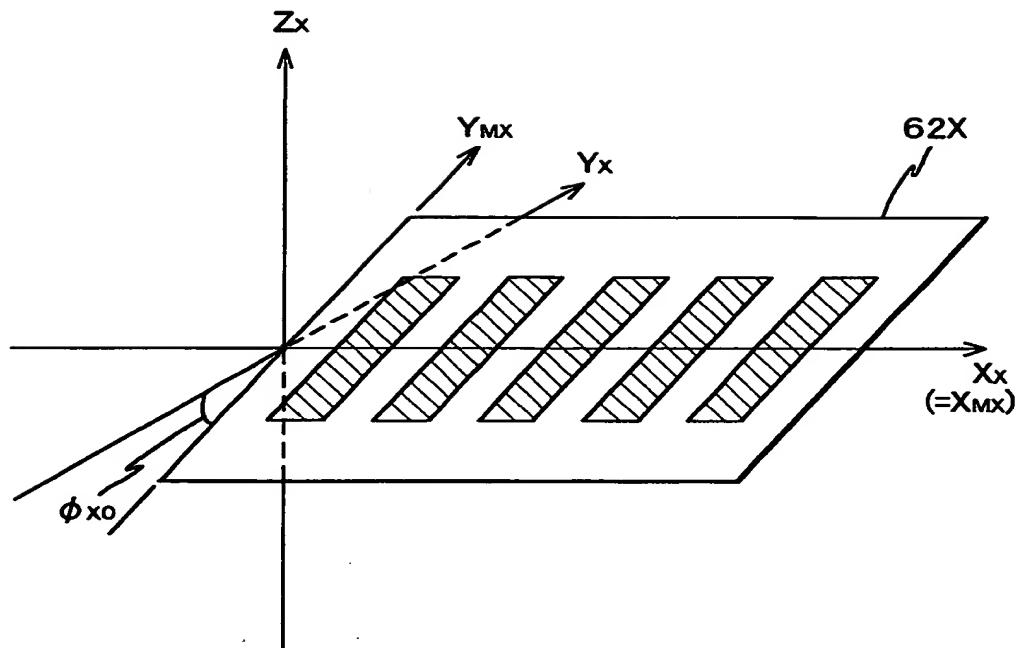
【図5】



【図6】

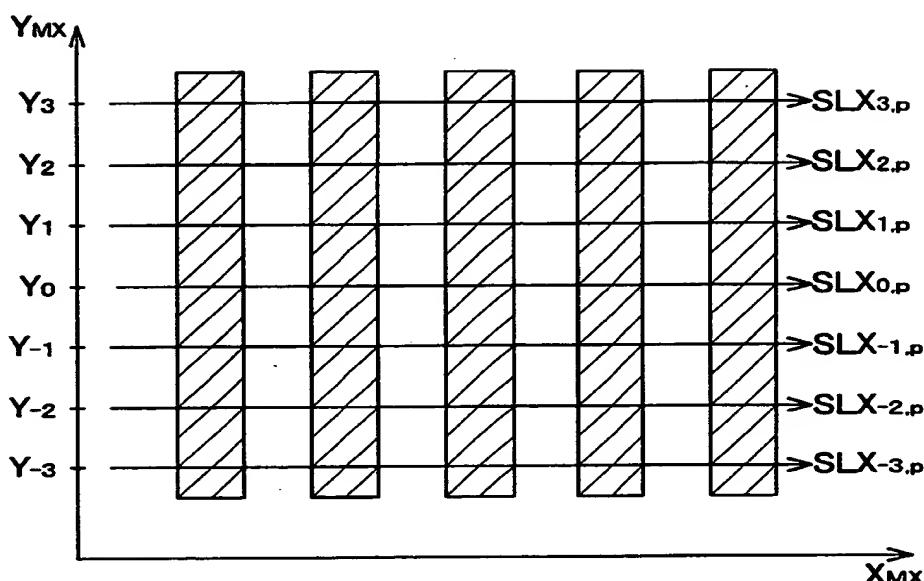


【図7】

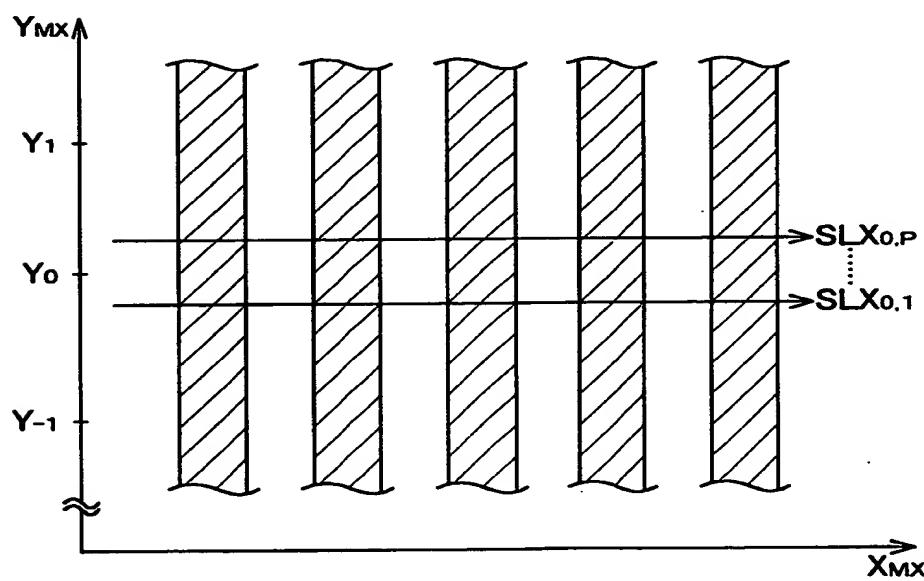


【図8】

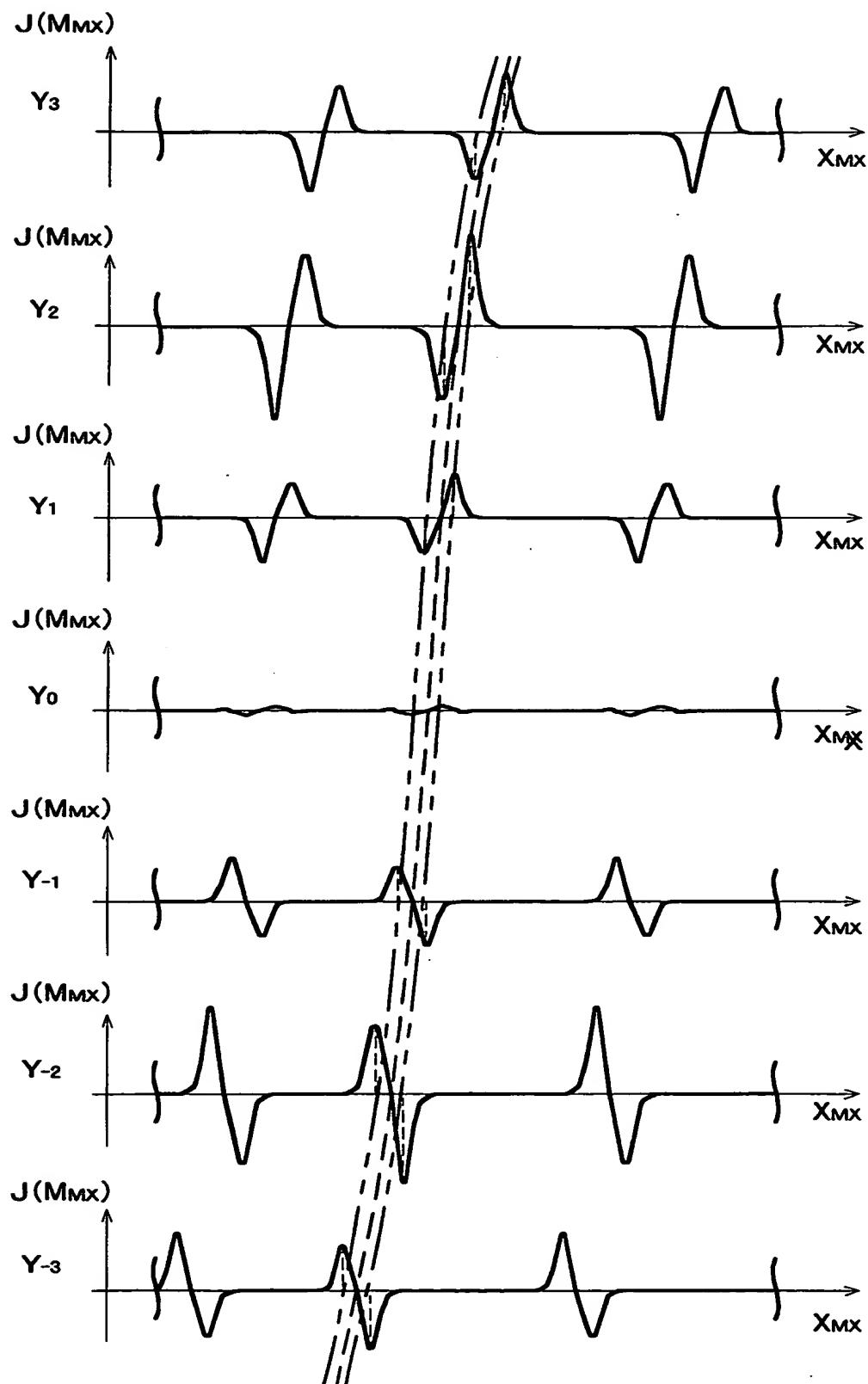
(A)



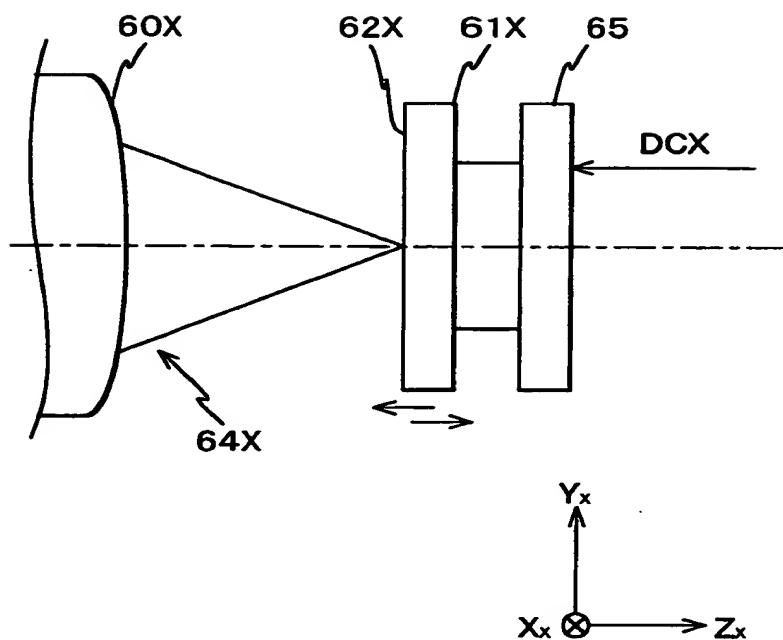
(B)



【図9】



【図10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 物体上に形成されたマークの位置を精度良くかつ迅速に検出する。

【解決手段】 撮像装置ASが、マークMX, MYを互いに異なる複数のデフォーカス状態を含む撮像条件で撮像した後、処理装置20が、撮像されたマークの像とデフォーカス量との関係すなわちデフォーカス量の変化に伴う撮像されたマーク像の変遷の様相を求める。そして、求められた撮像マーク像とデフォーカス量との関係からマークの位置すなわちフォーカス状態におけるマーク像を使用して得られるはずのマーク位置を検出する。この結果、フォーカス状態において撮像されたマーク像におけるラインパターンとスペースパターンとの段差が小さい場合であっても精度良くマークの位置を検出することができる。

【選択図】 図2

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2000-023437
受付番号	50000106333
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成12年 2月 2日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成12年 2月 1日

次頁無

出願人履歴情報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

氏 名 株式会社ニコン